

Ekmeğin üretiminde ekşi maya üzerine taze meyvelerin kullanımının etkisi

The effect of the use of fresh fruits on sourdough in bread production

Bihter Yıldız¹ , Avni Çakıcı¹  Dilek Yaprak Uslu²  Hasan Uslu^{3,*} 

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34295, İstanbul, Türkiye

² Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ascılık Programı, 51240, Niğde Türkiye

³ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

Özet

Bu çalışmada, eski zamanlardan beri bilinen ancak son yıllarda dünya da ve özellikle ülkemizde tüketicilerin bilinçlenmesi ile birlikte daha çok bilinir ve tüketilir hale gelen ekşi mayalı ekmeğin hakkında araştırmalar yapılmıştır. Gün geçtikçe artan doğal ve sağlıklı gıdaya olan tüketici taleplerini karşılayan ekşi maya ekmeği üretimi için çeşitli meyveler kullanılarak ekşi mayaların geliştirilmesi üzerine çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışma aynı yöntemlerle ancak farklı tercih kaynakları kullanılarak ekşitilmiş hamurlardan üretilen ekmeğin belirlenen özellikler yönünden karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışmada tercih kaynağı olarak farklı ailelerde yer alan elma (Rosaceae) ve incir (Moraceae) meyveleri tercih edilmiştir. Ekşi maya hazırlık aşamasında geleneksel yöntemlerden türetilmiş dört aşamalı bir yol izlenmiş ve ekşi mayaların özelliklerinin belirlenmesinde pH, toplam titrasyon asitliği, laktik asit bakteri sayımı, küf ve maya sayımı analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen elma ve incir olmak üzere iki ayrı ekşi hamur farklı konsantrasyonlarda tam buğday unlu ekmeğin hamurlarına ilave edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Ekmeğin ve Ekmeğin çeşitleri Tebliğine uygun olarak üretilen Tam buğday unlu ekşi mayalı ekmeğin özelliklerinin belirlenmesinde ise ağırlık, pişme kaybı, spesifik hacim, kalite indeksi (en-boy-yükseklik), pH tayini, toplam titre edilebilir asitlik (%10.37 – 11.40), nem tayini (%35.50 – 35.53), su aktivitesi (aw) (0.944 – 0.941), ekmeğin içi ve kabuk renk analizi, tekstürel analizler ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ekşi maya ilavesinin hem duyu analizi hem de deneysel testler sonucunda ekmeğin tat ve aromasını geliştirdiği, ürünün kabuk ve iç rengi üzerinde etkili olduğu, nem kaybını azaltarak raf ömrü süresini uzattığı sonucuna varılabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ekşi maya, Ekmeğin, Meyve, Tam buğday unu, Hamur reolojisi

1 Giriş

İnsanoğlu tarafından işlenmiş ilk gıdalar arasında yer alan ekmeğin, dünyada en çok tüketilen gıda ürünlerinden biridir. Türk Gıda Kodeksi, tebliğ numarası 2012/2 olan Ekmeğin ve Ekmeğin Çeşitleri Tebliği'ne göre ekmeğin; "buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürünü" olarak tanımlanmaktadır [1]. Diğer gıda ürünleri ile karşılaştırıldığında daha ucuz ve kolay sağlanabilir olması, besleyici ve doyurucu özellikleri gibi nedenlerle vazgeçilmez bir gıda maddesi olarak kabul edilmektedir.

Abstract

In this study, research has been conducted on sourdough breads that have been known since ancient times but have become more known and consumed in recent years with the awareness of consumers in the world and especially in our country. Studies have been carried out on the development of sourdough using various fruits for production of sourdough bread, which meets consumer demands for natural and healthy food, which is increasing day by day. This study was carried out in order to compare breads produced from sourdough with the same methods but using different preference sources in terms of specified properties. For this purpose, apple (Rosaceae) and fig (Moraceae) fruits in different families were preferred as the preferred source in this study. During the preparation phase of sourdough, a four-stage path derived from traditional methods was followed and pH, total titration acidity, lactic acid bacteria count, mold and yeast count analysis were performed to determine the properties of sourdough. Two different sourdough, apple and fig obtained, were added to whole flour bread doughs in different concentrations. In determining the properties of whole wheat flour sourdough breads produced in accordance with the Turkish Food Codex Bread and Bread Types Communique, weight, loss of baking, specific volume, quality index, pH, total titration acidity (10.37 – 11.40), humidity determination (%35.50 – 35.53), water activity (0.944 – 0.941), crumb and crust color analysis, texture analysis and sensory analysis were performed. As a result of the study, it can be concluded from both sensory and experimental tests that the addition of sourdough improves the taste and aroma of bread, has effect on the crust and inner color of the product, and increases the shelf lifetime by reducing moisture loss.

Keywords: Sourdough, Bread, Fruits, Whole wheat flour, Dough rheology

Ekmeğin oluşturan ana maddelerden birisi tahıllardır ve beslenme açısından tahıllar; diyet proteinleri, karbonhidratlar, kompleks E ve B vitaminleri, demir (hem olmayan), iz mineraller ve lif içeriği bakımından önemli kaynaklardır. Bu nedenle de tahıllar vücudun temel enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Diğer bir adı hububat olan ve dünya genelinde üretilen başlıca tahıl ürünleri arasında buğday (*Triticum*), pirinç (*Oryza sativa*), mısır (*Zea mays*), arpa (*Hordeum vulgare*), sorgum (*Sorghum*), yulaf (*Avena*), darı (*Panicum miliaceum*) ve çavdar (*Secale cereale*) yer almaktadır. Tahılların ekmeğin ve ekmeğinlik ürünleri üretimi başta olmak üzere gıda sanayide birçok kullanım alanı bulunmaktadır [2]. Tahıllar içerisinde ekmeğin üretiminde, kullanılabilenler sadece buğday ve çavdardır. Diğer tahıllarda ekmeğin hamurunun genişlemesinde ve elastikiyet özelliğini kazanmasında esas olan kompleks

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: hasanuslu@gmail.com. (H. Uslu)

Geliş / Received: 22.06.2020 Kabul / Accepted: 04.09.2020 Yayınlanma / Published: 15.01.2021

doi: 10.28948/ngumuh.756207

protein yapıdaki gluten (%8-14) maddesi yeterli miktarda bulunmamaktadır [3].

Gün geçtikçe artan kaliteli ve sağlıklı gıdaya olan tüketici talebi, duyuşsal ve besleyici özelliklere sahip ekmekler geliştirilmesi yönünde un ve unlu mamuller endüstrisini zorlamaktadır [4]. Genel itibari ile ekşi hamur kullanımı gibi geleneksel ekmek üretim süreçlerini taklit eden yeni teknolojiler, son yıllarda tüketicilerin doğal ve/veya temiz teknolojiye olan talepleri karşılamak için kullanılmaktadır [5, 6]. Ekşi hamur mayası, hamur ve ekmek hazırlamada starter kültür olarak kullanılan ve metabolik olarak aktif maya ve laktik asit bakterileri (LAB) içeren temel olarak bir un-su karışımıdır [7]. Hiçbir maya ilavesi olmadan kendi haline bırakılan hamur bir süre sonra değişime uğrayarak içinde gaz kabarcıkları oluşur, kendini salan hamur yumuşar ve kokusu değişir. Hamurda oluşan bu değişimlere içerisinde barındırdığı un ve suyun yanı sıra ortamda bulunan mikroorganizmalar sebep olmaktadır. Kendiliğinden fermente olan ve ekşimsi bir tada sahip olan bu hamurlara “ekşi hamur” veya “ekşi maya” denilmektedir [8]. Ekşi hamur, ekmeğin besleyici değerini, duyuşsal özelliklerini ve raf ömrünü geliştirmek için binlerce yıldır kullanılan geleneksel bir üründür.

Ekşi hamurun temelinde tahıl fermantasyonu vardır. Tahıl fermantasyonu besinsel kaliteyi ve dolayısıyla da gıdaların sağlık üzerindeki etkilerini geliştirdiğinden ötürü önemli bir potansiyele sahiptir [9]. Buğday ve çavdar, ekşi maya yapımında en çok kullanılan tahıllardır. Maya fermantasyonu sırasında asit üretimi, amilazlar ve proteazlar gibi enzimlerin aktivitelerini arttırmaktadırlar. Ekşi mayadaki kimyasal ve mikrobiyal değişiklikler un cinsine, su miktarına, sıcaklığa, zamana, starter türüne ve miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [10]. Bu açıdan ekşi maya, ekmeğin duyuşsal özelliklerinin ve raf ömrünün arttırılması için kullanılan temel yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ekşi maya fermantasyonu, mineral alımının arttırılması, biyoaktif bileşiklerin içeriğinin iyileştirilmesi ve nişastanın sindirilebilirliğini geciktirmek gibi ekmeğin beslenme kalitesini de çeşitli şekillerde değiştirebilmektedir [11]. Ekşi hamur mayası kullanılarak yapılan ekmek üretimi, kontrol edilmesi gereken çeşitli parametrelere dayanan çok hassas bir yöntemdir. Bunlardan en önemlisi fermantasyonun pH değeri, fermantasyon sıcaklığı ve spesifik ve arzu edilen özelliklere sahip bir starter kültürün seçilmesidir. Bu amaçla, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri* ve *Lactobacillus casei*, *Lactococcus*, gibi laktik asit bakterileri ile *Candida* gibi mayalar ekşi mayalı ekmek üretiminde genellikle geleneksel ekmek mayası olarak da bilinen *Saccharomyces cerevisiae* ile birleştirilen çeşitli starter kültürler kullanılmaktadır [12].

Fermente gıda üretiminde, fermantasyon işleminden sorumlu olan mikroorganizmaların kaynakları değişiklik gösterebilmektedir. Ekşi maya hamurlarında starter kültür olarak kullanılabilir maya ve laktik asit bakteri türlerinin çeşitliliği çok geniştir. Bu mikroorganizmaların bilinen üstünlükleri göz önüne alındığında, starter kültürün ilk kaynağı başlangıçtaki organizmaların bir hamur sistemi içerisinde fonksiyonu üzerinde büyük bir etkiye sahip

olabilmektedir [13]. Ekmek üretimi için çoğu ekşi maya kültürü, tahıllar, hububatlar veya un ile ilişkili kaynaklardan elde edilmektedir. Bununla birlikte, sadece küçük bir kısım ekşi maya kültürünü taze ve/veya kuru meyve, ve sebzeler, yoğurt, kefir, vb. kaynaklardan elde edilmektedir [13]. Elma, üzüm, şeftali ve diğer yüksek şeker oranına sahip meyvelerden elde edilen maya ve laktik asit bakterisi suşlarının, tahıllarla ilişkili olanlardan farklılık gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Yapılan önceki araştırmalar, meyve kaynaklarından elde edilen kültürlerle yapılan ekşi mayalı ekmeklerin, tahıllardan elde edilmiş kültürlerle yapılan ekmeklere göre daha az ekşi olduğunu göstermiştir [14].

Bu çalışma da geleneksel yöntemlerden farklı olarak elma, incir gibi çeşitli taze meyveler kullanılarak ekşi mayalar elde etmek ve elde edilen ekşi mayaların ekmek üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2 Materyal ve metod

2.1 Materyal

Yapılan bu çalışmada materyal olarak piyasadan temin edilen buğday unu (Tip 750) (%0.75 kül, %10.5 protein ve %14.5 nem), tam buğday unu (%1.2 kül, %11 protein ve %14.5 nem), buğday unu (%60 kül, %12 protein ve %14.5 nem), yaş maya, tuz, içme suyu, katkı maddesi olarak %85 enkapsüle edilmiş sorbik asit ve Trabzon ilinin Maçka ilçesi başta olmak üzere yerel bahçelerden temin edilen taze meyveler hammadde olarak kullanılmıştır.

2.2 Ekşi maya hamuru

Ekşi maya uygulaması Türk Gıda Kodeksi (TGK) Ekmek ve Ekmek çeşitleri tebliğinde (Tebliğ no: 2012/2) belirtilen “Ekşi” tanımına göre yapılmıştır. Ekşi maya hamurunun hazırlık aşamasında substrat olarak taze meyveler tercih edilmiştir. Organik olarak nitelendirilen kimyasal ziraat ilaçlarla muamele edilmemiş elma ve olgunlaşmış incir meyveleri bu çalışmada kullanılmıştır. Seçilen meyve numuneleri (M) işlem için uygun hale getirildikten sonra başlangıç olarak 1:1 oranında su ilave edilerek 4 gün 28 °C’de bekletilmiş ve bu şekilde fermente olabilmesi için sağlanmıştır. 4. günün sonunda fermantasyon işlemi tamamlayan numunelerden fermente meyve suları (MI) elde edilmiş ve elde edilen bu fermente meyve suları ekşi hamur mayasının hazırlanmasında başlangıç kültürü olarak kullanılmıştır. Ekşi mayanın hazırlık aşamasında geleneksel prosedürlerden yararlanılarak dört aşamalı bir yöntem tercih edilmiştir. Birinci aşamada 2:1 oranında fermente meyve suları ve buğday unu ile karıştırılarak sıvı formda bir hamur (HI) elde edilmiştir. Hamur verimi (HV) 300’ü elde edebilmek için 28 °C’de 24 saat fermantasyon kabininde inkübasyona bırakılmıştır ve inkübasyon işleminden sonra fermente ekşi hamur (EH-I) elde edilmiştir. İkinci aşamada 0.500 kg EH-I, 0.500 kg ekmeklik buğday unu (1:1 oranında) ve 0.300 kg çeşme suyu ile karıştırılarak katı formda bir hamur (H-II) elde edilmiştir. Pişirme sonucunda elde edilen fırın kurusu hamur miktarının pişirme başlangıcında kazana giren fırın kurusu odun miktarına oranı olarak bilinen hamur verimi (HV) 200’ü elde edebilmek için 28 °C’de 24 saat fermantasyon kabininde inkübasyona bırakılmıştır ve

inkübasyon işleminden sonra fermente ekşi hamur (EH-II) elde edilmiştir. Bu işlemden sonra iki kere daha aynı işlemler uygulanmış ve son basamakta fermente ekşi hamur (EH-IV) elde edilmiş ve ekmeğin yapımında kullanılabilir hale getirilmiştir.

2.2.1 Hamur ve ekşi maya hamurlarında yapılan analizler

Yapılan çalışmalar göz önüne alınarak ekşi maya hamurlarının oluşumları için yeterli inkübasyon süresini belirlemek için 28 °C'de 24 saatlik periyotlar ile beslemeler yapılmıştır ve her aşamada pH ve toplam titre edilebilir asitlik (TTA) analizleri yapılmıştır. Ekşi mayalı ekmeğin yapımında kullanılacak olan son basamakta elde edilen EH-IV ekşi mayalarında hücre sayımı analizi yapılmıştır

2.2.2 . pH ve toplam titrasyon asitliği (TTA)

Hamur ve ekşi maya hamur örneklerinde pH analizi AOAC Metod no 981.12'ye göre yapılmıştır [15]. Örnekler 1/10 oranında saf su ile seyreltilmiş ve manyetik karıştırıcıda (Mtops MS300 HS, Kore) homojenize edilerek pH metre (Testo 205, İstanbul, Türkiye) ile değerler okunmuştur.

Toplam titre edilebilir asitlik (TTA) analizi AACC Metod no 02-31'e göre yapılmıştır [16]. Örnekler 1/11 oranında saf su ile seyreltilmiş ve homojenize edilerek, 0.1 N (0.1 M) NaOH çözeltisi ile pH 8.5 ± 0.1'e ulaşıncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon işlemi harcanan çözelti miktarı bütünden okunmuştur ve laktik asit cinsinden hesaplanmıştır [17].

2.2.3 Maya, küf ve laktik asit bakterisi (LAB) sayımı

Maya ve küf sayımı, FDA BAM Bölüm 18 Metodu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Aseptik koşullarda analiz örneklerinden 25 gr numuneler tartılmış, 225 mL'lik %1'lik (w/v) pepton çözeltisi kullanılarak 2 dakika homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenattan %1'lik peptonlu su ile ardışık seyreltiler hazırlanmıştır. İligi metoda uygun olarak DRBC Agar üzerine yayma yöntemi uygulanarak ekimler iki paralel olarak yapılmıştır. Ekim işlemi yapılan besiyerleri küf ve maya gelişimi için 25 °C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon işlemi sonucunda gelişme görülen ve sayım aralığında bulunan besiyerlerinde toplam maya ve küf sayısı hesaplanmıştır [18].

Laktik asit bakterisi sayımı ISO 15214 yöntemine göre yapılmıştır. Aseptik koşullarda analiz örneklerinden 25 g numuneler tartılıp, 225 ml'lik tamponlanmış peptonlu su çözeltisi kullanılarak analiz örnekleri 2 dakika homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenattan %1'lik peptonlu su ile ardışık seyreltiler hazırlanmıştır. Bu standarda göre pH değeri 5.7'ye ayarlanan MRS Agar besiyeri kullanılmıştır. Dökme yöntemi kullanılarak, bakteri ekimleri iki paralel olarak yapılmıştır. Ekim yapılan besiyerleri LAB gelişimi için 30 °C'de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon işlemi sonucunda gelişme görülen ve sayım aralığında bulunan besiyerlerinde toplam LAB sayısı hesaplanmıştır [19].

2.3 Tam buğday unlu ekmeğin üretimi

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Ekmeğin ve Ekmeğin çeşitleri tebliğinde (Tebliğ no: 2012/2) belirtilen "Tam buğday unlu ekmeğin" ve "Ekşi mayalı ekmeğin" tanımlarına uygun olarak

ekmeğin örnekleri hazırlanmıştır. Ekşi mayalı ekmeğin örneklerinde yukarıda belirtilen ve çeşitli taze meyvelerden elde edilen ekşi mayalar un ağırlığı dikkate alınarak %10, %20 ve %30 oranlarında ekmeğin hamurlarına ilave edilmiştir.

Referans olarak değerlendireceğimiz tam buğday unlu kontrol ekmeği hazırlanırken; tam buğday unu (%60), buğday unu (%40), su (%65), ticari yaş maya (%2.5), tuz (%1.5), gluten (%1) reçete hazırlanmıştır. Tüm formüllerde her bir ekmeğin numunesi için belirlenen miktarlarda un, su, ticari yaş maya, tuz, ekşi hamur ve diğer malzemelerden oluşan karışımlar hazırlanmıştır. Tanımlanan formülasyon ile hazırlanan ekmeğin numunelerine Şekil 1'de belirtilen proses uygulanmıştır.

Buna göre hazırlanan karışımlar, Şekil 1.'de gösterildiği gibi ortalama 8 dakika belirlenen hız ve devirde spiral uçlu mikser yardımı ile yoğurulmuştur. Yoğurma işleminden sonra ekmeğin hamurları oda sıcaklığında 10 dakika kitle fermantasyonu (1. fermantasyon) ile dinlenmeye bırakılmıştır. Dinlendirilen hamurlar şekil verilme işleminden sonra porsiyonlanmış ve teflon tavalara alınmıştır. Bu işlemden sonra 38 °C'de %80 RH'de belirlenen sürelerde fermantasyon (2. fermantasyon) işlemi uygulanmıştır. Fermantasyon işleminden sonra 180 mL buhar ve 220 °C'de 35 dakika ekmeğin pişirilmesi. Pişirme işlemi tamamlayan ekmeğin 2 saat oda sıcaklığında soğutulduktan ve dilimlendikten sonra polipropilen ambalajlara konularak 7 gün boyunca oda sıcaklığında depolanmıştır

2.3.1 Tam buğday unlu ekmeğin uygulanması

Tam buğday unlu ekmeğin kalite karakteristiklerini belirlemek için pişirme kaybı (%), spesifik hacim (mL/g), pH, toplam titrasyon asitliği (TTA), nem içeriği (%), su aktivitesi (aw), tekstür profil analizi (TPA), renk analizi (L*,b*, a*) ve duyu analizi gibi fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

2.3.2 . Pişirme kaybı (%) ve spesifik hacim (mL/g)

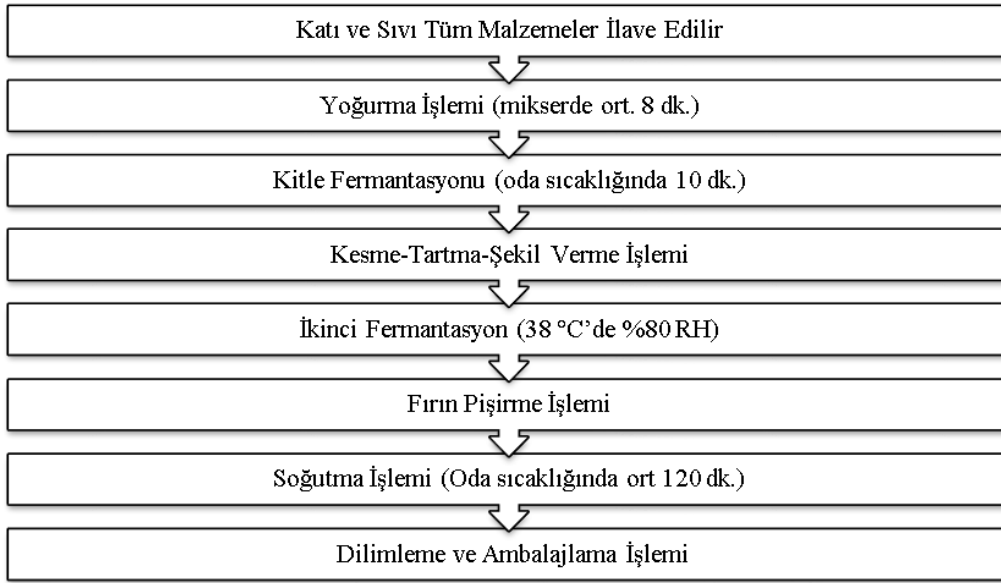
Pişirme kaybı (%), ekmeğin fırından çıktıktan ve soğuduktan sonraki ağırlığı ile başlangıçta kullanılan hamur ağırlığı arasındaki fark belirlenerek hesaplanmıştır [20].

Ekmeğin numunelerinin spesifik hacimleri pişirme işlemi tamamlandıktan 120 dk sonra ölçülmüştür. Her bir ekmeğin hacmi kolza tohumu ile yer değiştirme esasına dikkate alınarak belirlenmiştir (AACC Method no 10-05.01). Spesifik hacim (mL/g); hacim değeri ağırlığa bölünmek suretiyle elde edilmiştir [21].

2.3.3 . pH ve toplam titrasyon asitliği (TTA)

Ekmeğin örneklerinde pH analizi AOAC Metod no 981.12'ye göre yapılmıştır [15]. Örnekler 1/10 oranında saf su ile seyreltilmiş ve homojenize edilerek pH metre ile değerler okunmuştur.

Toplam titre edilebilir asitlik (TTA) analizi AACC Metod no 02-31'e göre yapılmıştır [16]. Örnekler 1/11 oranında saf su ile seyreltilmiş ve homojenize edilerek, 0.1 N (0.1 M) NaOH çözeltisi ile pH 8.5 ± 0.1'e ulaşıncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon işlemi harcanan çözelti miktarı bütünden okunmuştur [17].



Şekil 1. Tam buğday unlu ekmeklerin (kontrol ekmeği) yapımında uygulanan işlem basamakları.

2.3.4 Nem içeriği (%) ve su aktivitesi (aw)

Ekmek numunelerinin nem içeriği (%) nem analiz cihazı (Precisa XM 60 – HR, Dietikon, İsviçre), su aktivitesi ölçüm cihazı ve su aktivitesi (aw) (Novasina LabMaster-aw manual, Lachen, İsviçre) değerleri gravimetrik yöntemlerle tespit edilmiştir. Yapılan nem ve su aktivitesi analizleri depolama süresinin 1., 3., 5. ve 7. günlerinde tekrar edilmiş ve bu günler dikkate alınarak hesaplanmıştır

2.3.5 Renk analizi

Minolta Cr – 300 (Konica Minolta, Japonya) renk ölçer cihazı kullanılarak örneklerin kabuk rengi ve ekmek iç rengi iki paralelli ve dört farklı noktadan alınan sonuçlar doğrultusunda Hunter skalasında ölçümler yapılmıştır. Tam buğday unlu ekmeklerin renk yoğunluğunun ölçülmesi ve sonuçların değerlendirilmesinde, uluslararası aydınlatma komisyonunun (CIE LAB: Commission Internationale de l'Eclairage) belirtmiş olduğu formül dikkate alınmıştır [21].

2.3.6 Sertlik analizi

Ekmekler pişirme işleminden ve ortalama 120 dk oda sıcaklığında soğutulduktan sonra 1.2-1.3 cm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimlenen ekmek numuneleri 12 saat sonra değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Ekmek numunelerinin iç yumuşaklık değerleri tekstür analizörü TA-XT Plus cihazında 36 mm (model P/36R) çapında bir silindir prob kullanılarak AACC Metod no 74-09.01'e göre belirlenmiştir. Ekmek numunelerinin iç doku özelliklerinin belirlenmesinde Sertlik Analizi yöntemi uygulanmıştır. Tekstür analiz cihazının test parametreleri ise ön test hızı 1 mm/sn, test hızı 1.7 mm/sn, son test hızı 10 mm/sn ve batma derinliği (strain) %40 olarak ayarlanmıştır. Sertlik yöntemi ile ekmek numunelerinin sertlik, özellikleri belirlenmiştir.

2.3.7 Duyusal analiz

Ekşi maya ve ekmek mayası kullanılarak üretilen tam buğday unlu ekmeklerin duyusal olarak kabul edilebilirliğini

belirlemek amacıyla eğitilmiş 10 panelistin katılımıyla sıralama testi yapılmıştır. Panelistlerden her ekmek örneği için tat, aroma, koku, görünüş, kabuk rengi, ekmek içi rengi, gözenek yapısı, ağızda bıraktığı his/çiğnenebilirlik, tekstür ve genel beğeni tercihlerini 1 (en az veya en açık) ile 10 (en çok veya en koyu) arasında sıralamaları istenmiştir.

3 Bulgular ve tartışma

3.1 Ekşi maya hamurunun hazırlanması

Ekşi maya için asidik özellik gösteren taze meyveler tercih edilmiştir. Tercih kaynağına göre pH ve TTA değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tercih edilen meyvelerin 1. gün pH ve TTA değerleri sırasıyla 3.86-4.15 ve 2.90-5.40 arasında bulunmuştur. Asidik pH ortamına sahip elma (E) en düşük asitlik değerine sahiptir. Tercih edilen meyvelerin kendiliğinden fermantasyonu sonucunda pH ve TTA değerleri sırasıyla 3.69 (E) ile 3.75 (E) ve 2.55 ml (E) ile 4.90 ml (I) arasında bulunmuştur. Yapılan çalışma sonucunda tercih kökeninin istatistiksel olarak TTA üzerinde önemli farklılıklara neden olduğu tespit edilirken, pH değerleri üzerinde ise etki göstermediği görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçlara göre, farklı kaynaklardan elde edilen ekşi mayalar arasında asitliği en yüksek incirden elde edilen ekşi maya, en düşük ise elmadan elde edilen ekşi mayadır. Kullandığımız ekşi mayaların analiz sonuçları literatür ile karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada heterofermentatif laktik asit bakterisi Lactobacillus plantarum FST 1.7 kullanılarak çeşitli un türlerinden ekşi mayalar üretmişler, çalışma sonucunda pH ve TTA (%LA) değerlerini sırasıyla 3.6-4.4 ve 0.43-3.18 arasında olduğunu bildirmişlerdir [22].

Tercih kaynağına göre ekşi maya örneklerinde laktik asit bakterisi, küf ve maya sayısı belirlenmiştir. Örneklerde yapılan mikrobiyolojik analizlerin sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Meyvelerin doğal fermentasyonu sonucu oluşan pH ve TTA değerleri.

Tercih Kaynağı	pH		TTA (ml)	
	1.Gün	4.Gün	1.Gün	4.Gün
Elma (E)	3.86±0.08	3.69±0.11	2.90±0.10	2.55±0.20
İncir (I)	4.15±0.11	3.75±0.12	5.40±0.13	4.90±0.09

En yüksek hücre sayısına elma kökenli ekşi hamur örneklerinde, en düşük hücre sayısı ise incir kökenli ekşi hamur örneklerinde bulunmuştur. Mayaların, laktik asit bakterilerine oranı 1:10 ile 1:100 arasında değişmektedir [23]. Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde; bu tür ürünler için standart olarak maya hücrelerini 5.03 ila 8.61 cfu/g arasında değişen konsantrasyonlarda olduğunu belirtmiştir [24]. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde elma (E) ile hazırlanan ekşi mayaların literatür ile daha uyumlu olduğu görülmüştür. Ortaya çıkan bu farklılıklar her bir çalışmada kullanılan tercih kaynağına, un tipine, fermentasyon işlemi vb. gibi süreçlerin farklı olmasından ileri gelebilmektedir.

3.2 Tam buğday unlu ekmeklerin özellikleri

3.2.1 Pişirme kaybı (%) ve spesifik hacim (mL/g)

Tam Buğday Unlu Ekmeklerde pişirme kaybı ve spesifik hacim sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Ekşi mayalı ekmecek numunelerinde pişirme sırasındaki nem kaybı %12.03 (I-10) ile %14.56 (I-20) arasında değişmektedir. Kontrol ekmeğinde ise bu değer %12.19'dur. Ekmecek yapımında kullanılan ekşi mayaların ilave edilme miktarları ve substrat türleri ağırlık kaybında önemli değişikliklere yol açmamıştır. Yapılan bir çalışmada araştırmacılar, heterofermentatif laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 kullanarak fermente edilen ekşi mayaların glutensiz ekmeklerde pişirme kaybı üzerindeki etkisini araştırmış ve araştırma sonucunda pişirme kaybında önemli bir azalma gözlemlenmediğini bildirmişlerdir [22].

Ekşi mayalı ekmecek numunelerinde spesifik hacim 2.51 (mL/g) ile 3.50 (mL/g) değerleri arasında değişirken en yüksek spesifik hacim değeri ise 3.91 (mL/g) ile kontrol ekmeğinden elde edilmiştir. Bu durum, ekşi maya miktarının spesifik hacimde önemli olduğunu ve aralarında ters orantı olduğunu göstermektedir. Ekmecek hacminin, ekmeğın iç yapısının, lezzetin, besin değerlerinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi de dahil olmak üzere ekmecek üretiminde ekşi maya ilavesinin olumlu etkileri konusunda önemli bir fikir birliği bulunmaktadır [25]. Buna rağmen, ekmecek hamuruna ekşi maya ilavesinin, ekşi hamurun miktarına, proteolitik aktivitesine ve asitleştirici özelliklerine bağlı olarak spesifik hacimde azalmaya neden olduğunu belirten çalışmalarda bulunmaktadır [26].

3.2.2 Renk analizi (L, a, b)

Ekmecek rengi, genel olarak bakıldığında kullanılan hammadde bileşenlerinden ve pişirme koşullarından etkilenmektedir [27]. Kontrol ekmeğın örneğı, ekşi mayalı ekmecek örneklerinden daha açık ekmecek içi ve ekmecek kabuk rengine sahip olduğu görülmüştür. Ekmecek kabuk rengi değerlendirildiğinde; 29.46 ile en düşük L* (açıklık-

koyuluk) değeri I-30 örneğinden elde edilirken 40.29 ile en yüksek L* (açıklık-koyuluk) değeri ise I-10 örneğinden elde edilmiştir. Kontrol ekmeğında (K) ise bu değer 49.09 olarak bulunmuştur. Kabuk renginde en etkili faktör a* (kırmızılık-yeşillik) değeri olup, kontrol ekmeğın a* değeri ise 16.28 olarak bulunmuştur. Ekşi mayalı ekmeklerin kabuktaki a*(kırmızılık-yeşillik) değeri 8.26 ile en düşük E-10 örneğinden elde edilirken 16.32 ile en yüksek I-30 örneğinden elde edilmiştir. Farklı ekşi maya konsantrasyonları ile hazırlanan ekmecek örneklerinde b* (sarı-mavilik) değeri ise 10.67 ile 22.79 değerleri arasında olup kontrol ekmeğının b* (sarılık-mavilik) değeri 28.68 olarak bulunmuştur.

Üretilen ekmeklerin iç rengi açısından etkili parametreler L* (açıklık-koyuluk) ve b* (sarılık-mavilik) değerleridir [28]. Ekmecek içi rengi değerlendirildiğinde; 62.19 ile en düşük L* (parlaklık) değeri E-30 örneğinden elde edilirken 65.85 ile en yüksek L* değeri E-10 örneğinden elde edilmiştir. Kontrol ekmeğında (K) ise bu değer 66.07 olarak bulunmuştur. L* değerinin yüksek olması ekmecek içi renginin açık olduğunu belirtmektedir [21]. Ekşi mayalı ekmeklerde diğer etkili faktör olan b* (sarılık-mavilik) ise 21.04 ile 22.15 değerleri arasında olup kontrol ekmeğının b* (sarılık-mavilik) değeri ise 21.68 olarak bulunmuştur. Tercih kaynağına göre ekşi mayalı ekmeklerin iç renk; L* (açıklık) değerleri arasında en yüksek (en açık) 64.68 ile elmadan elde edilirken, a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri arasında en yüksek 8.30 ile 21.80 ile incirden elde edilmiştir. Konsantrasyon bakımından en yüksek L*(parlaklık) ve b* (sarılık) değerine %10 oranlarında görülürken, en yüksek a* (kırmızılık) değerine %30 oranlarında ilave edilen ekmeklerde görülmüştür.

Ekmecek kabuğunda ise L* (parlaklık) ve b* (sarılık) değerleri sırasıyla 35.20 ve 17.54 ile incirden, a* ((kırmızılık-yeşillik) değeri ise en yüksek 13.25 ile incirden elde edilmiştir. Konsantrasyon bakımından ekmecek kabukları en yüksek L* (parlaklık) ve b* (sarılık) değerine %10 oranlarında, a* (kırmızılık) değerine ise %30 oranlarında hazırlanan ekmeklerde görülmüştür. Kontrol ekmeğı ise hem tercih kaynağı hem de konsantrasyon bakımından değerlendirildiğinde L* (parlaklık) değeri açısından en açık renge sahip ekmecektir.

Yapılan bu çalışmada genel olarak, tam buğday unlu ekmecek örneklerinde farklı konsantrasyonlarda ekşi maya kullanımı ekmeklerin L* (açıklık-koyuluk) ve b* (sarılık-mavilik) değerini düşürürken, a* (kırmızılık-yeşillik) değerinin ise artmasına neden olduğu görülmüştür. Bu durum kontrol ekmeğına göre daha koyu ekmecek rengine sahip ürünler elde edilmesini sağlamıştır.

Tablo 2. Ekşi maya örneklerinde mikrobiyolojik analiz sonuçları.

Mikrobiyolojik Analizler	Tercih Kaynağı	
	Elma (E)	İncir (I)
Küf (kob/g)	<10	<10
Maya (kob/g)	4.2×10^6	6.8×10^5
Laktik Asit Bakterisi (kob/g)	6.3×10^8	1.3×10^9

3.2.3 Nem içeriği (%) ve su aktivitesi (aw)

Yapılan bu çalışmada ekmekler polipropilen ambalajlara konmuş ve 7 gün boyunca oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Analizler ise depolamanın 1., 3., 5. ve 7. gününde yapılmıştır. Ekşi mayalı ekmek numunelerinin depolama süresinin ilk güne ait nem içeriği %35.14 (I-20) ile %37.18 (I-10) değerleri arasında değişirken, depolama süresinin son günü olan 7.gün üzerindeki etkisi ise %34.65 (I-20) ile %35.59 (E-10) değerleri arasında değişmektedir. Yapılan analizler sonucunda maya ilavesinin ekmeğin nem içeriğini düşürdüğü sonucuna varılabilmektedir. Taze halde genellikle kuru, gevrek ve kolay kırılabilir yapıya sahip olan kabuk, ekmek içinden nemi çekerek yumuşak bir doku oluşması ile karakterize edilirken, bunun aksine ekmek içi ise nem kaybederek doku sertleşmesi ile karakterize edilmektedir. Nem içeriği bayatlamamanın bir göstergesidir. Ekmek bayatladıkça nem kaybeder, iç yapı daha sert ve kolay parçalanabilir bir hal almaktadır [29].

Tablo 5 'te verildiği gibi farklı kaynaklardan ve konsantrasyonlarda üretilen, oda sıcaklığında 7 gün süreyle muhafaza edilen ekmek numunelerine ait su aktivitesi (aw) değerleri değerlendirmeye alınmıştır. Tercih kaynağı göz önüne alındığında ekşi mayalı ekmeklerde ilk gün ve depolama süresinin son günü arasındaki fark dikkate alındığında en yüksek aw değerini incir (I) meyvesi katkılı ekmekler göstermiştir. Maya konsantrasyonu göz önüne alındığında ise en yüksek aw değeri %10 konsantrasyonlu ekşi mayalarda görülmüştür. Depolama süresi değişkenine bağlı olarak tam buğday unlu ekmek örneklerinin su aktivitesi (aw) değerlerinin karşılaştırılmıştır ve buna göre muhafaza süresinin 1. gününde 0.943 olan aw değeri, muhafaza süresinin son günü olan 7. günün sonunda 0.939'a düşmüştür. Elde edilen veriler dikkate alındığında süre arttıkça tam buğday unlu ekmeklerin aw değerleri azalmaktadır. Yapılan bu çalışmada ekşi maya yapımında tercih edilen kaynak ve muhafaza süresi nem değerlerinde olduğu gibi ekmek numunelerinin su aktivitesi (aw) değerleri üzerinde de etkili olmuştur. Literatür kaynaklarında, ekşi mayanın su aktivitesi üzerindeki etkisi çelişkili açıklamalar bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, yaygın olarak tuz olarak adlandırılan sodyum klorür (NaCl) kullanımı ile su aktivitesi arasındaki etkileşim üzerine çalışmalar yürütülmüş ve higroskopik doğası ile iyi bilinmekte olan NaCl'nin su aktivitesini etkilediğini bildirmişlerdir. Farklı NaCl konsantrasyonları ile kombinasyonlar halinde hazırlanan ekşi maya ekmekleri, sadece NaCl ile hazırlanan kontrol ekmekleri ile kıyaslandığında biraz daha düşük seviyelerde aw değerleri gösterdiklerini belirtmişlerdir [30]. Yapılan bir diğer çalışmada ise kontrol ekmekleri ile maya ve laktik asit bakterilerinin su aktivitesi üzerine araştırmalar yapılmış ve

araştırma sonucunda maya ve laktik asit bakterilerinin metabolik faaliyetlerinin su tutma üzerindeki etkisi göz önüne alındığında kontrol ekmeklerine göre daha yüksek aw değerleri gösterdiklerini bildirmişlerdir [31].

3.2.4 pH ve toplam titrasyon asitliği (TTA)

Tam buğday unlu kontrol ve ekşi mayalı ekmek numunelerinin pH ve TTA değerleri Tablo 6' de verilmiştir. Örneklerin muhafaza süresinin 1. gününe ait pH değerleri 4.22 (I-30) ile 5.46 (K) arasındayken, muhafaza süresinin son günü olan 7. gününe ait pH değerleri ise 4.27 (I-30) ile 5.56 (K) arasında bulunmuştur. Ekşi hamur yapımında tercih edilen kaynak ve kullanım oranı, tam buğday unlu kontrol ve ekşi mayalı ekmek numunelerinin pH değerlerini önemli ölçüde etkilemediği görülmüştür. Kontrol örneği ile kıyaslandığında ekşi maya konsantrasyonu arttıkça pH değeri düşmektedir. Buna göre 5.52 ile kontrol ekmeği en yüksek pH değerine sahipken, artan ekşi maya konsantrasyonu ile 4.27 ile %30 konsantrasyonlarda hazırlanan örnekler en düşük pH değerini göstermiştir. Muhafaza süresi içerisinde kontrol ve ekşi maya ekmek örneklerinin pH değerlerinde küçük bir artış gözlemlense bile ekşi maya tercih kaynağı ve konsantrasyon üzerinde sürenin önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir.

Yapılan bu çalışmada, elma kaynaklı ekşi maya ekmekleri, incir kaynaklarından elde edilen ekmeklere göre farklılıklar göstermektedir. Aynı ekşi maya konsantrasyonu ile üretilen ekmek örneklerinin pH değerleri tercih kaynağına ve konsantrasyonlarına göre farklılıklar göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, pişirme sırasında (220 0C) mayalar ve laktik asit bakterilerinin inaktivasyona uğraması ile depolama sırasında pH değerinin değişmediğini bildirmişlerdir [31]. Tam buğday unlu ekşi maya ve ekmek mayası ile üretilen ekmeklerin toplam titre edilebilir asitlik (TTA) analiz verileri Tablo 6'da verilmiştir. Depolama süresinin 1. gününde örneklerin TTA değerleri 5.90 mL (K) ile 14.00 mL (I-30) arasında, 7. gününde ise 5.30 mL (K) ile 13.80 mL (I-30) değerleri arasında bulunmuştur. Buna göre ekşi mayalı ekmeklerde depolama süresinin sonunda TTA değeri, tercih kaynağı bakımından 10.37 ml (E) ile 11.40 mL (I) arasında olurken, maya konsantrasyonu açısından ise 7.77 mL (%10) ile 13.17 mL (%30) arasında değerler bulunmuştur. Ekmek mayası ile üretilen kontrol ekmeğinin TTA değeri ise 5.30 mL olarak bulunmuştur. Bir kıyaslama yapıldığında kontrol ekmeğinin TTA değeri ekşi mayalı ekmeklere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışmada, ekşi maya ve kontrol ekmeklerinin asitlenme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla pH ve toplam titre edilebilir asitlik (TTA) değerleri ölçülmüştür.

Tablo 3. Ekmek örneklerinde pişirme kaybı(%) ve spesifik hacim (mL/g) analiz sonuçları.

Tercih Kaynağı	Pişirme Kaybı (%)				Spesifik Hacim (ml/gr)			
	%0	%10	%20	%30	%0	%10	%20	%30
Kontrol (K)	12.19±0.23	-	-	-	3.91±0.05	-	-	-
Elma	-	14.30±0.53	13.82±0.53	12.83±0.35	-	3.50±0.30	3.31±0.31	2.89±0.13
İncir	-	12.03±0.55	14.56±0.70	14.05±1.68	-	3.39±0.19	3.11±0.07	2.51±0.26

Tablo 4. Ekmek örneklerinde ekmek içi ve ekmek kabuk renk değerleri.

Tercih Kaynağı	Ekmek İçi			Ekmek Kabuğu		
	L *	a *	b *	L *	a *	b *
Kontrol (K)	66.07±0.93	8.16±0.14	21.68±1.55	49.09±2.43	16.28±0.29	28.68±2.31
Elma (E)						
E-10	65.85±0.92	7.89±0.17	21.94±1.54	34.51±1.50	8.26±0.15	17.36±2.02
E-20	64.17±1.69	8.16±0.39	21.52±1.05	32.05±2.15	10.18±0.63	13.20±1.31
E-30	64.01±0.70	8.51±0.44	21.42±0.32	30.45±1.45	13.69±0.54	10.57±0.86
İncir (I)						
I-10	65.43±0.91	7.78±0.12	22.15±0.97	40.29±1.99	8.88±0.39	22.79±1.88
I-20	63.18±1.67	8.25±0.42	21.66±0.32	35.85±1.62	14.56±0.76	19.16±1.91
I-30	62.19±0.68	8.37±0.38	21.58±1.55	29.46±1.83	16.32±0.29	10.67±1.22

Mayalı hamurlarda fermentasyon sonucu meydana gelen organik asitler ve karbondioksit gazının ortam pH değerinin düşmesine ve titrasyon asitlik değerinin ise artmasına neden olduğu görülmüştür. Poitrenaud [32] yaptığı bir çalışmada, fermentasyon sonucu meydana gelen alkol, ikincil metabolitler, düşen pH ve artan TTA ekmeğe aromatik lezzetini kazandıran unsurlardan biri olarak görüldüğünü bildirilmiştir. Rózyło et al. [33], çeşitli un türleri ile üretilen glutensiz ekmek formülasyonlarına %10-20-30-40 oranlarında ekşi maya ilave edilmesiyle ekmek numunelerinin pH değerlerinin ekşi maya oranı artışı ile azalma gösterirken TTA değerlerinin ise artma gösterdiğini bildirmişlerdir.

3.2.5 Sertlik analizi

Farklı konsantrasyonlarda ekşi maya içeren tam buğdaylı ekmek örneklerinde formülasyondaki tercih kaynağının ve ekşi maya ilavesinin ekmek dokusu üzerine etkisini incelemek amacıyla sertlik analizi yapılmış ve sertlikleri ölçülmüştür. Oda sıcaklığında 7 gün süreyle muhafaza edilen

ekmek mayalı ve ekşi mayalı ekmeklerin TPA değerlerine ait veriler Tablo 7'da verilmiştir. Buna göre depolama süresinin 1. gününde örneklerin sertlik değerleri 436.97 (K) ile 2118.91 (I-30) değerleri arasında, 7. gününde ise 1160.01 (K) ile 5637.34 (I-30) arasında bulunmuştur. Ekşi mayaların tercih kökenleri arasında depolama süresi boyunca incir, elmaya göre daha sıkı ve sert doku özelliği göstermiştir. Tablo 7'da görüldüğü gibi %30 konsantrasyon ile hazırlanan incir mayalı ekmekler depolama süresinin ilk ve sonuncu gününde de en yüksek sertlik değerine sahiptir.

Ekşi yapımında tercih edilen kaynak ve ekmeklere ilave edilen oran, tam buğday unlu ekşi maya ve kontrol ekmek numuneleri arasında sertlik farklılığına neden olmuştur. Depolama sırasında tam buğday unlu ekmeklerin analiz sonuçları dikkate alındığında tercih kaynağına göre incir (I), ekşi maya oranına göre ise %30'luk konsantrasyona sahip olan ekmekler en yüksek sertlik değerini vermiştir. Artan ekşi maya kullanım oranı tercih kökenine bakılmaksızın daha sıkı ve sert ekmek içinin oluşmasına neden olmuştur.

Tablo 5. Ekmek numunelerinde nem içeriği (%) ve su aktivitesi (aw)

Tercih Kaynağı	Nem İçeriği (%)				Su Aktivitesi (aw)			
	1.Gün	3.Gün	5.Gün	7.Gün	1.Gün	3.Gün	5.Gün	7.Gün
Kontrol(K)	40.00±0.07	39.82±0.10	39.65±0.26	39.05±0.19	0.946±0.01	0.940±0.01	0.943±0.01	0.937±0.01
Elma (E)								
E-10	36.11±0.08	36.09±0.11	35.85±0.19	35.59±0.53	0.937±0.01	0.941±0.01	0.939±0.01	0.926±0.01
E-20	36.53±0.10	36.04±0.14	35.72±0.69	35.37±0.44	0.941±0.01	0.940±0.01	0.942±0.01	0.939±0.01
E-30	36.03±0.20	35.76±0.15	35.62±0.39	35.50±0.16	0.943±0.01	0.940±0.01	0.943±0.01	0.944±0.01
İncir (I)								
I-10	37.18±0.11	36.95±0.13	36.68±0.12	34.88±0.10	0.947±0.01	0.943±0.01	0.941±0.01	0.941±0.01
I-20	35.14±0.10	34.99±0.12	34.91±0.13	34.65±0.19	0.944±0.01	0.943±0.01	0.943±0.01	0.939±0.01
I-30	35.66±0.16	35.64±0.13	35.60±0.09	35.53±0.12	0.948±0.01	0.941±0.01	0.943±0.01	0.941±0.01

Tablo 6. Ekmek numunelerinde pH ve toplam titrasyon asitliği (TTA)

Tercih Kaynağı	pH				Toplam Titrasyon Asitliği (TTA)(mL)			
	1.Gün	3.Gün	5.Gün	7.Gün	1.Gün	3.Gün	5.Gün	7.Gün
Kontrol(K)	5.46±0.05	5.49±0.06	5.52±0.04	5.56±0.06	5.90±0.15	5.50±0.18	5.30±0.22	5.30±0.16
Elma (E)								
E-10	5.04±0.08	5.07±0.09	5.11±0.08	5.09±0.04	8.00±0.13	7.60±0.18	7.45±0.15	7.10±0.15
E-20	4.40±0.12	4.41±0.08	4.43±0.01	4.45±0.02	11.80±0.16	11.60±0.18	11.30±0.19	11.20±0.17
E-30	4.25±0.07	4.28±0.02	4.29±0.08	4.29±0.04	13.70±0.20	13.10±0.11	12.50±0.19	12.80±0.13
İncir (I)								
I-10	4.92±0.07	4.92±0.04	4.97±0.03	4.98±0.08	8.90±0.16	8.10±0.08	8.35±0.13	8.30±0.14
I-20	4.23±0.05	4.39±0.04	4.25±0.03	4.37±0.04	12.80±0.16	12.90±0.13	12.65±0.17	12.10±0.11
I-30	4.22±0.05	4.24±0.03	4.27±0.02	4.27±0.04	14.00±0.17	13.20±0.12	13.55±0.16	13.80±0.12

Bu durum, yüksek miktarda ekşi maya kullanımının ekmeğin gelişmesini engelleyerek düşük hacimli ve sıkı/sert dokulu ekmeğin oluşumuna neden olduğu gerçeğini ortaya çıkartmaktadır. Sonuçlara uygun olarak, kepekli ekşi mayalı ekmeğin yapımında bifidobakterileri başlangıç kültürü olarak kullandıkları çalışmada, %5-10-15-20 olmak üzere dört farklı ekşi maya seviyesi ile kontrol ekmeği arasında değerlendirmeler yapılmış ve ekşi maya ilavesiyle artan sıklığın düşük spesifik hacimden kaynaklandığını bildirmişlerdir [34]. Bu tez çalışmasındaki bulgulara benzer şekilde, Corsetti et al. [23] , yaptıkları çalışmada direkt hamur yapma işlemine göre ekşi maya işleminin daha sert bir iç dokuya neden olduğunu bildirmişlerdir.

3.2.6 Duyusal değerlendirme

Taze meyve katkılı tam buğday unlu ekmeğin örneklerine ekşi maya ilavesinin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini belirlemek amacıyla, ekmeğin örneklerinin duyusal analizi eğitilmiş panelistlerin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Panelistler ekmeğin örneklerini tat, aroma, koku, görünüş, kabuk rengi, ekmeğin içi rengi, gözenek yapısı, ağızda bıraktığı his/çiğnenbilirlik, tekstür ve genel beğeni açısından değerlendirmişlerdir. Tam buğday unlu ekmeğin duyusal analiz sonuçları incelendiğinde; kontrol ekmeğinden sonra, tüm ekşi mayalı ekmeğin örnekleri içinde %10 oranında ilave ile hazırlanan incir ve elma mayalı ekmeğin en yüksek puanı aldığı görülürken, en düşük puanı ise %30 oranında ilave ile hazırlanan incir ekşi mayalı ekmeğin aldığı görülmüştür. Tercih kaynağı ve ekşi maya

kullanım oranlarının duyusal değerlendirme üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Değerlendirme sonucunda, kontrol örneği referans alınarak tercih kaynağına göre en yüksek puanı elma (E) ekşi mayalı ekmeğin, en düşük puanı ise incir (I) ekşi mayalı ekmeğin aldığı görülmüştür. Elma ekşi mayalı ekmeğin tat ve aroma özellikleri bakımından ön plana çıkmıştır. Ekşi maya ilave edilme oranı ile ilgili olarak ise %10 ekşi maya uygulamasının kontrol ekmeğine daha yakın, %30 oranının ise daha uzak sonuçlar verdiği görülmüştür. Ekşi maya ilavesi genel olarak; tat ve aroma özelliklerinde ön plana çıkarken, kontrol ekmeği ise esas olarak tekstür ve çiğnenbilirlik gibi özelliklerde ön plana çıkmaktadır. Mevcut literatür ile uyumlu olarak, artan oranda ekşi maya ilavesinin ekmeğin hacmini küçülttüğü, ekmeğin kabuk renginin koyulaşmasını sağladığı, damakta algılanan ekşi aromanın arttığı ve tercih kaynağı kişisel beğenilere göre değişse bile ekmeğe ilave edilecek ideal ekşi miktarının %10 olduğu görülmüştür.

4 Sonuçlar

Farklı tercih kaynakları kullanılarak elde edilen ekşi mayaların ekmeğin üretiminde farklı oranlarda kullanılmasının tam buğday unlu ekmeğin özelliklerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada; ekşi mayalar ve ekmeğin hücre sayımları, pH, titrasyon asitliği, nem içeriği, su aktivitesi, pişirme kaybı, renk, tekstürel ve duyusal özellikler açısından değerlendirilmiştir.

Tablo 7. Ekmek numunelerine ait sertlik analiz sonuçları.

Tercih Edilen Kaynak	1.Gün	3.Gün	5.Gün	7.Gün
Kontrol (K)	436.97±57.7	899.43±167.9	915.94±153.4	1160.01±141.7
Elma (E)				
E-10	887.27±91.5	1634.28±157.1	1760.86±80.4	2059.38±66.1
E-20	967.51±103.5	1911.88±100.6	2500.17±97.81	2654.85±133.1
E-30	1417.81±45.1	2618.29±133.6	3088.21±129.1	3945.23±462.6
İncir (I)				
I-10	879.20±59.1	1614.93±181.2	1772.59±61.9	2197.04±156.2
I-20	1442.37±44.5	3028.40±150.4	3531.22±185.9	3803.48±359.0
I-30	2118.91±66.9	2685.46±84.9	4994.94±285.7	5637.34±243.2

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, ekşi mayaların hazırlık aşamasında farklı substratların ve farklı konsantrasyonlarda kullanılmasının farklı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklere sahip ekmeklerin oluşmasına neden olduğu görülmüştür. Ekşi maya ilavesinin ekmeğin nem içeriğini düşürdüğü ve böylece raf ömrünü arttırdığı görülmüştür. Çalışma sonucunda % 10 ekşi maya konsantrasyonu ile üretilen ekmeğin örneklerinin hem ekmeğin kalitesi açısından hem de duyuşal olarak tüketiciye hitap etmektedir. Tercih kaynağı göz önüne alındığında elma ve incir bir çok açıdan birbirlerinden farklılık göstermiştir. Tekstür açısından elma ekşi mayalı ekmekler daha yumuşak değerler ortaya çıkartırken, en düşük nem kaybı incir ekşi mayalı ekmeklerde, en düşük su aktivitesi değişimi ise elma ekşi mayalarda olmaktadır. Tüketim alışkanlığı açısından toplumumuzda vazgeçilmez bir yeri bulunan ekmeğin üretiminde elma ve incir tercih kaynağı ile hazırlanan ekşi mayalı ekmeklerin üretimi ve tüketimi yaygınlaştırılabilir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %19

Kaynaklar

- [1] TKG Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. Resmi Gazete, 04.01.201228163, Tebliğ No:2012/2, Ankara, 2012.
- [2] J. K. Chaven, and S. S. Kadam, Nutritional improvement of cereals by fermentation. *CRC Critical Reviews in Food Science and Technology*, 28(5), 349, 1989. <https://doi.org/10.1080/10408398909527507>.
- [3] N. Aktaş, ve Y. Özdoğan, Gıda ve beslenme okuryazarlığı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2), 146-153, 2016. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.259105>.
- [4] M. Mariotti, C. Garofalo, L. Aquilanti, A. Osimani, L. Fongaro, S. Tavoletti and F. Clementi, Barley flour exploitation in sourdough bread-making. A technological, nutritional and sensory evaluation, *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 973-980, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.052>.
- [5] C. Collar Esteve, C. Benedito de Barber, and M.A. Martinez-Anaya, Microbial sourdoughs influence acidification properties and breadmaking potential of wheat dough. *Journal of Food Science*, 59, 629–633, 1994. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb05579.x>
- [6] Y. Y. Linko, P. Javanainen, and S. Linko, Biotechnology of bread baking. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 339–344, 1997. [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(97\)01066-2](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(97)01066-2).
- [7] S. Plessas, M. Trantallidi, A. Bekatorou, M. Kanellaki, P. Nigam and A. A. Koutinas, Immobilization of kefir and *Lactobacillus casei* on brewery spent grains for use in sourdough wheat bread making. *Food Chemistry*, 105(1), 187-194, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.065>.
- [8] T. Tamerler, Ekşi maya ile buğday ekmeğinin hazırlanması ve ekşi maya mikroorganizmaları. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri B*. 4; 145-154, 1986.
- [9] R. F. Vogel, M. Pavlovic, M. A. Ehrmann, A. Wiezer, H. Liesegang, S. Offschanka, S. Voget, A. Angelov, G. Bocker and W. Liebl, Genomic analysis reveals *Lactobacillus sanfranciscensis* as a stable element in traditional sourdoughs. *Microb Cell Fact*, 10 (1), 1-11, 2011. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-10-S1-S6>.
- [10] L. Flander, T. Suortti, K. Katina and K. Poutanen, Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 656-664, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.007>.
- [11] K. Katina, E. Arendt, K. H. Liukkonen, K. Autio, L. Flander, and K. Poutanen, Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 104-112, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.03.008>
- [12] S. Plessas, A. Alexopoulos, I. Mantzourani, A. Koutinas, C. Voidarou, E. Stavropoulou and E. Bezirtzoglou, Application of novel starter cultures for sourdough bread production. *Anaerobe*, 17(6), 486-489, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.03.022>.
- [13] G. G. Hou, and Y. Hsu, Comparing fermentation gas production between wheat and apple sourdough starters using the Risograph. *Food Bioscience*, 3, 75-81, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.04.007>
- [14] H. J. Cheng, Japan's famous bakeries: processing techniques of natural sourdough breads. Taiwan: Taiwan Tohan Publishing Co. Ltd. In Chinese, 2002.
- [15] AOAC (Official Methods of Analysis), 13th ed. Official method 981.12. pH of acidified foods International Washington D.C, 1998.
- [16] AACC International,. Method 02-31, Approved methods of the AACC, 10th ed. St. Paul, MN: American Association of cereal chemists, 2000a.
- [17] K. Katina, R. L. Heiniö, K. Autio, and K. Poutanen, Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), 1189-1202, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.001>.
- [18] FDA BAM Chapter 18, Division Microbiology Center for Food Safety and Applied Nutrition. US. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual Online,2018.
- [19] ISO 15214, Microbiology of Food and Animal Feding Stuffs. Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria. Colony-count technique at degrees C.1998.
- [20] G. M. Turkut, H. Cakmak, S. Kumcuoglu, and S. Tavman, Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174–181, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>

- [21] A. Elgün, Z. Ertugay, M. Certel, ve H. G. Kotancılar, Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu, Atatürk Üniversitesi Yayınları, 867, Ziraat Fakültesi Yayın 335, 2002.
- [22] A. Wolter, A. S. Hager, E. Zannini, M. Czerny, and E. K. Arendt, Impact of sourdough fermented with *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 on baking and sensory properties of gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 239(1), 1-12, 2014a. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2184-1>.
- [23] A. Corsetti, M. Gobbetti, B. De Marco, F. Balestrieri, F. Paoletti, L. Russi, and J. Rossi, Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7), 30443051, 2000. <https://doi.org/10.1021/jf990853e>.
- [24] S. Valmorri, R. Tofalo, L. Settanni, A. Corsetti, G. Suzzi, Yeast microbiota associated with spontaneous sourdough fermentations in the production of traditional wheat sourdough breads of the Abruzzo region (Italy). *Antonie van Leeuwenhoek*, 97(2), 119–129, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10482-009-9392-x>.
- [25] E. K. Arendt, L. A. Ryan, and F. Dal Bello, Impact of sourdough on the texture of bread. *Food microbiology*, 24(2), 165-174, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>.
- [26] A. Wolter, A. S. Hager, E. Zannini, and E. K. Arendt. Influence of sourdough on in vitro starch digestibility and predicted glycemic indices of gluten-free breads. *Food and Function*, 5(3), 564-572, 2014b. <https://doi.org/10.1039/c3fo60505a>.
- [27] N. M. M. Alencar, C. J. Steel, I. D. Alvim, E. C. de Moraes and H. M. A. Bolini, Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1011-1018, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.029>.
- [28] M. K. Demir, A. Elgün, ve N. Bilgiçili, Sıvı ferment yöntemi ile ekmek üretiminde kullanılan maya (*saccharomyces cerevisiae*) performansına katkı maddeleri ve ortam şartlarının etkisi. *Gıda*, 31 (6), 303-310, 2006.
- [29] R. Ercan, ve H. Özkaya, Ekmeğin bayatlaması. Ankara üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi A.B.D. 1985.
- [30] M. C. Belz, R. Mairinger, E. Zannini, L. A. Ryan, K. D. Cashman, and E. K. Arendt, The effect of sourdough and calcium propionate on the microbial shelf-life of salt reduced bread. *Applied microbiology and biotechnology*, 96(2), 493-501, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4052-x>.
- [31] C. Cevoli, A. Gianotti, R. Troncoso, and A. Fabbri, Quality evaluation by physical tests of traditional Italian flat bread Piadina during storage and shelf-life improvement with sourdough and enzymes, *European Food Research and Technology*, 1-9, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2429-7>.
- [32] B. Poitrenaud, Baker's Yeast. In: *Handbook of food and baverage fermentation technology*. Hui, Y.H. Goddik, L.M. Hansen, A.S. Josephsen, J. Nip, W. Stanfield, P.S. and Toldra, F. (eds) 39; 800-831. New York, 2004.
- [33] R. Różyło, S. Rudy, A. Krzykowski, D. Dziki, D. U. Gawlik-Dziki, K. Różyło and S. Skonecki, Effect of adding fresh and freeze-dried buckwheat sourdough on gluten-free bread quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 313-322, 2015. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12622>.
- [34] J. M. Sanz-Penella, J. A. Tamayo-Ramos, and M. Haros, Application of Bifidobacteria as starter culture in whole wheat sourdough breadmaking. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2370–2380, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0547-1>

